



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 102 41 947 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:  
**C 23 C 18/34**

②① Aktenzeichen: 102 41 947.7  
②② Anmeldetag: 10. 9. 2002  
②③ Offenlegungstag: 3. 4. 2003

DE 102 41 947 A 1

- ③⑩ Unionspriorität:  
712/2001 14. 09. 2001 AT
- ⑦① Anmelder:  
Magna Steyr Powertrain AG & CO KG, Graz, AT
- ⑦④ Vertreter:  
v. Fünser Ebbinghaus Finck Hano, 81541 München
- ⑦② Erfinder:  
Kehrer, Oskar, Dr., Graz, AT

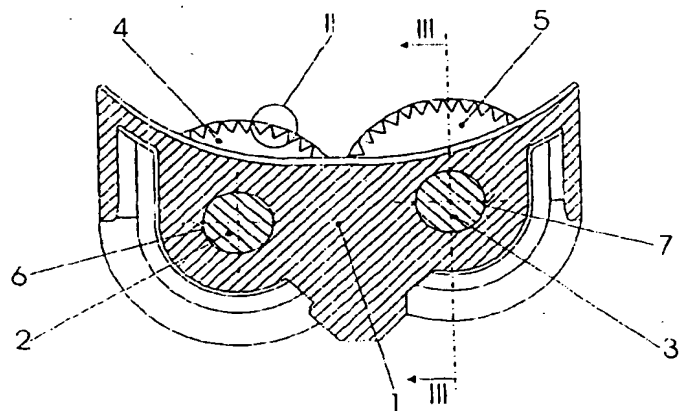
⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 35 03 859 C2  
DE 42 31 052 A1  
US 57 18 745  
EP 07 37 759 A1  
WO 00 40 775 A2  
WO 00 40 774 A2

GAMMEL, F.J., FILKE, P.:  
Chemisch-Nickel-Dispersionsschichten-Funktionsschicht  
für die Luft- und Raumfahrt. In:  
Galvanotechnik, 85, 1994, Nr. 4, S. 1139-1144;;  
ZHANG, Y.Z., et.al.: Characterization of  
electroless Ni-P-PTFE composite deposits. In:  
Journal of Materials Science Letters  
17, 1998, S. 119-122;;  
TULSI, S.S.: Electroless Nickel-PTFE Composite  
Coatings. In: Transactions of the Institute of  
Metal Finishing, 1983, Vol. 61, S. 147-149;;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤④ Verfahren zur Oberflächenbehandlung eines Maschinenelementes und Maschinenelement
- ⑤⑦ Ein Verfahren zur schwingungsdämpfenden Oberflächenbehandlung eines schwach belasteten Maschinenelementes (4, 5; 16) besteht darin, dass die Kontaktzonen mit einer Nickelschicht (11; 22) mit eingelagerten Teilchen eines schwingungsdämpfenden Nichtmetalls beschichtet werden. Das Maschinenelement kann ein Zahnrad (4, 5) oder Teil (18) eines Spurlagers (16) der Ausgleichswelleinrichtung einer Verbrennungskraftmaschine sein.



DE 102 41 947 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur schwingungsdämpfenden Oberflächenbehandlung eines schwach belasteten Maschinenelementes, etwa eines Elementes einer Ausgleichswelleneinheit für Kolbenkraftmaschinen.

[0002] Tribologisch beanspruchte Bauteile werden meist einsatzgehärtet. Sie müssen nach dem Härten geschliffen werden, was Geometriefehler verursacht und die Bearbeitung teuer macht. Geometriefehler erzeugen bei schnell drehenden Teilen Schwingungen. Bei manchen Maschinenelementen, wie etwa Lagern, Lauflächen, Kolbenringen, etc., haben sich zur Verbesserung des Verschleißverhaltens abgeschliffene Nickeldispersionschichten bewährt. Bisweilen sind diesen auch Trockenschmierstoffe beigelegt.

[0003] Die so behandelten Oberflächen der Werkstücke sind aber hart und spröde, wodurch lautere Laufgeräusche entstehen und sie auch Körperschall gut leiten und abstrahlen. Bei schwach belasteten Maschinenelementen (das sind zum Beispiel Zahnräder für den Antrieb von Ausgleichswellen, die keine wesentlichen Kräfte übertragen) ist die nach dem bekannten Verfahren erzielte Festigkeitssteigerung eine unnötige Begleiterscheinung der angestrebten Verschleißfestigkeit. Geräuschlosigkeit ist bei Ausgleichswelleneinheiten aber eine besonders stringente Forderung, weil deren Geräusch dem Motorengeräusch zugeordnet und so besonders kritisch gehört wird.

[0004] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, einen Weg aus diesem Dilemma zu weisen. Das Maschinenelement soll bei gesenkten Herstellungskosten und besten tribologischen Eigenschaften ein Minimum an Geräusch erzeugen.

[0005] Erfindungsgemäß wird dazu ein Verfahren angewendet, bei dem zuerst das Rohwerkstück mechanisch bearbeitet wird und dann die Kontaktzonen mit einer Nickelschicht mit eingelagerten Teilchen eines schwingungsdämpfenden Nichtmetalles beschichtet werden. Das Rohwerkstück braucht somit nicht oberflächen- bzw einsatzgehärtet zu sein.

[0006] Allein schon das Wegfallen des Einsatzhärtens hat viele Vorteile: höhere Zähigkeit, weniger Schallerzeugung bei Stößen beziehungsweise beim Kämmen von Zahnrädern, gute Masshaltigkeit und geringere Kosten und Bearbeitungskosten. Dadurch bereits wird die Geräuscherzeugung herabgesetzt. Die Beschichtung erhöht dann den Verschleißwiderstand und deren erfindungsgemäße Einlagerungen auch die Geräuschdämpfung. Nebstbei kann die Beschichtung auch das Lauf und Gleitverhalten verbessern, letzteres sogar bei unzureichender Schmierung.

[0007] Die Beschichtung erfolgt auf chemischem Wege, wobei dem die Nickelschicht bildenden Ausgangsmaterial Kunststoffteilchen beigelegt sind (Anspruch 2); insbesondere wird eine Nickel-Phosphor - Schicht mit einer Schichtdicke von 10 bis 50 Mikrometer, vorzugsweise von 15 bis 25 Mikrometer aufgebracht (Anspruch 3). Besonders überzeugende Werte wurden festgestellt, wenn die Nickel-Phosphor - Schicht 4 bis 10 Gewichtsprozent Phosphor enthält (Anspruch 4).

[0008] Die Beschichtung auf rein chemischem Wege vermeidet die Nachteile einer metallurgisch aufgetragenen Nickeldispersionschicht: Erhitzung und Verzug, sowie ungleichmäßige Schichtdicke und Rauigkeit, die eine nachgeordnete abtragende Feinbearbeitung erfordern. Die Beschichtung auf chemischem Wege erfolgt bei niedrigen Temperaturen und liefert eine bessere Oberfläche. Es vermeidet auch die Nachteile einer auf elektrochemischem Weg aufgetragenen Schicht.

[0009] In Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Beschichtung in einem wässrigen Bad, das

ein Nickelsulfat oder ein Nickelchlorid, ein Kobaltsulfat oder ein Kobaltchlorid, ein Eisensulfat oder ein Eisenchlorid und ein Reduktionsmittel enthält (Anspruch 5). Das wässrige Bad bedeutet zunächst eine "kalte" Beschichtung bei Temperaturen unter 100° Celsius, die sich auf das Gefüge nicht auswirken. Dadurch können keine Verzüge und Strukturänderungen mehr auftreten, sodass auch das fertige Maschinenelement absolut masshaltig ist, und die Kunststoffteilchen können ohne thermisch bedingte Deformation fein und gleichmäßig in der Nickelmatrix verteilt werden.

[0010] Die Zusammensetzung des wässrigen Bades führt über eine Reihe komplexer chemischer Reaktionen zu einer Abscheidung von Teilchen der genannten Metalle und deren Phosphide. Dabei hat das beigelegte Eisensalz die Wirkung, das Bad zu stabilisieren und die Verbindung mit dem Substrat zu fördern. Das Reduktionsmittel bewerkstelligt das Ausfällen der die Schicht bildenden Teilchen. Als Reduktionsmittel haben sich ein Alkali-Hypophosphit (Anspruch 6) oder eine Hydrazinlösung (Anspruch 7) als besonders wirksam erwiesen. Zur Beschleunigung der Abscheidung der Schicht kann dem Bad Wasserstoffsuperoxyd zugefügt (Anspruch 8) oder das Bad beziehungsweise das Maschinenelement in mechanische Schwingungen versetzt (Anspruch 9) werden.

[0011] Als besonders vorteilhaft hat es sich erwiesen, wenn die aus dem Polymerisat einer organischen Verbindung bestehenden Kunststoffteilchen eine Größe von max 10 Mikrometer haben (Anspruch 10), bei der kleineren Schichtdicke (siehe den Bereich in Anspruch 3) vorzugsweise bis zu 5 Mikrometer. Für Maschinenelemente einer Ausgleichswelleneinheit wird das Optimum an Dämpfung und Verschleißfestigkeit erreicht, wenn die Kunststoffteilchen 10 bis 35 Volumsprozent der Beschichtung ausmachen (Anspruch 12).

[0012] Wird als Polymerisat einer organischen Verbindung ein Polymerisat eines Fluorkohlenwasserstoffes gewählt (Anspruch 11), ist zusätzlich noch die Reibung herabgesetzt, und kann die Schicht sogar Notlaufeigenschaft besitzen bis überhaupt selbstschmierend sein.

[0013] In einer typischen Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist das Maschinenelement Teil einer Ausgleichswelleneinheit für Kolbenkraftmaschinen, es ist nicht gehärtet und seine Kontaktzonen sind mit einer äusseren Nickelschicht mit eingelagerten Kunststoffteilchen versehen (Anspruch 13). Die Kontaktzonen sind die Zahnflanken; wenn es sich bei dem Maschinenelement um ein Zahnrad handelt (Anspruch 14), dabei ist der Grundwerkstoff des Zahnrades Gusseisen, insbesondere Sphäroguss. Diese Werkstoffwahl hat akustische Vorteile: Körperschalldämpfung durch die eingelagerten Graphitkörner und kleineren E-Modul.

[0014] In einer anderen Anwendung ist das Maschinenelement Teil eines Spurlagers oder eine oder beide Lagerflächen (Anspruch 15), wobei die akustischen Vorteile im Falle schrägverzählter Zahnräder bei der Lagerung einer Ausgleichswelle besonders zu buche schlagen.

[0015] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Abbildungen eines Ausführungsbeispiels beschrieben und erläutert. Es stellen dar:

[0016] Fig. 1: einen Querschnitt durch eine Ausgleichswelleneinheit.

[0017] Fig. 2: Detail II in Fig. 1, vergrößert.

[0018] Fig. 3: Schnitt III in Fig. 1, vergrößert.

[0019] In Fig. 1 ist das Gehäuse einer Ausgleichswelleneinheit mit 1 bezeichnet. Es ist innen am Motorblock einer Verbrennungskraftmaschine oder an deren Lagerstühlen (beide nicht dargestellt) befestigt und enthält eine erste Ausgleichswelle 2 und eine zweite Ausgleichswelle 3. Eine da-

von wird von der Kurbelwelle des Motors (nicht dargestellt) angetrieben, über eine Kette oder über Zahnräder, der Gleichlauf in entgegengesetztem Drehsinn zwischen den beiden Ausgleichswellen 2, 3 wird durch Synchronzahnrad 4, 5 hergestellt. Die Ausgleichswellen 2, 3 sind in Lagern 6, 7 gelagert.

[0020] Die in der beschriebenen Ausgleichswelleneinheit enthaltenen Zahnräder (sowohl die Synchronzahnrad 4, 5, als auch das treibende Zahnrad auf der Kurbelwelle) übertragen nur das zur Beschleunigung und zur Überwindung der Reibungsverluste erforderliche Drehmoment, bei schrägverzahnten Zahnrädern ist daher auch die auf die Lager 6, 7 wirkende Achsialkraft sehr gering, aber durch die Ungleichförmigkeit der Winkelgeschwindigkeit pulsierend. Da die Ausgleichswellen 2, 3 mit sehr hoher Drehzahl rotieren und an ihre Laufruhe höchste Ansprüche gestellt werden, müssen diese zunächst sehr genau sein. Darüber hinaus sind aber erfindungsgemäß noch weitere Maßnahmen vorgesehen.

[0021] In Fig. 2 ist von dem ersten Synchronzahnrad 4 nur ein Zahn 10 dargestellt, dessen Flanken weisen eine Beschichtung 11 auf, die im Wesentlichen aus Nickel mit eingelagerten Teilchen eines schwingungsdämpfenden Nichtmetalles besteht. Das Zahnrad selbst (und das mit ihm kämmende Zahnrad) könnte beispielsweise aus einem niedrig legierten Einsatzstahl (20 MnCr5), einem Vergütungsstahl (42 CrMo4), einem Automatenstahl (ETG 100) oder einfach aus Gusseisen bestehen. Hier besteht es aus Sphäroguss, der an sich schon besonders günstige akustische Eigenschaften aber keine ausreichende Verschleißfestigkeit hat.

[0022] Dieses Zahnrad wird dem erfindungsgemäßen Verfahren unterzogen. Zuerst wird es auf Fertigmaß mechanisch bearbeitet, wobei die Dicke der nachher aufgetragenen Beschichtung zu berücksichtigen ist. Eine Härtung ist nicht erforderlich. Es wird gereinigt, mit einer 10%-igen Salzsäure oberflächenaktiviert und dann in das Beschichtungsbad eingetaucht.

[0023] Das Bad enthält in wässriger Lösung 30 bis 70 Gramm pro Liter (= g/l) Nickelsulfat oder Nickelchlorid, 10 bis 50 g/l Kobaltsulfat oder Kobaltchlorid, 10 bis 40 g/l Eisensulfat oder Eisenchlorid, wobei Ni, Co und Fe die abzuscheidenden Metalle sind, und ein Reduktionsmittel, vorzugsweise ein Alkali-Hypophosphit, beispielsweise 40 bis 90 g/l Natrium-Hypophosphit oder 80 bis 250 Milliliter/Liter (= ml/l) einer 65%-igen Hydrazinlösung, und darin suspendiert die einzulagernden Teilchen.

[0024] Für eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit ist es wirtschaftlich, die Temperatur des Bades etwas unter dem Siedepunkt zu halten (70 bis 98°C). Bei diesen Temperaturen können noch keinerlei Verzüge oder metallurgische Veränderungen des Bauteiles auftreten. Um die Abscheidungs-geschwindigkeit zu erhöhen können dem Bad noch 5 bis 50 ml/l einer 30%-igen Wasserstoffsuperoxydlösung zugefügt werden; und/oder das Bad oder das Werkstück wird in mechanische Schwingungen versetzt. Auch die dem Fachmann vom konventionellen Vernickeln geläufigen Komplexbildner, Stabilisierungsmittel und Benetzungsmittel können dem Bad noch beigelegt sein. Damit erhält man ein stabiles Bad hoher Lebensdauer und mit hoher und damit wirtschaftlicher Abscheiderate.

[0025] Die einzulagernden Teilchen werden dem Bad in Form eines Kunststoffpulvers mit einer Teilchengröße von maximal 5 bis 10 Mikrometer ( $\mu$ ) - der kleinere Wert für die kleineren Werte der Schichtdicke beigelegt. Als Kunststoff kommen Polymerisate verschiedener organischer Verbindungen, zur Feineinstellung der gewünschten Eigenschaften der Schicht, in Frage. Die organischen Verbindungen können Kohlenwasserstoffe, halogenierte Kohlenwasserstoffe,

Uretane oder Acryle sein. Zum Beispiel verleiht Polytetrafluoräthylen (PTFE) der Schicht Notlaufeigenschaften bis zur Selbstschmierung.

[0026] So erhält man eine der Bauteilkontur genau folgende Schicht konstanter Schichtdicke, die mit dem Grundwerkstück innig verbunden ist, und die eine hohe Verschleißfestigkeit und hohe Dämpfung hat. Erstere ist der durch das erfindungsgemäße Verfahren entstehenden komplexen Nickel-Kobalt-Eisen-Phosphor-Legierung zu danken (ein Anteil von 5 bis 12 Gewichtsprozent Phosphor verbleibt in der Schicht), zweiteres den eingelagerten Kunststoffteilchen. Die Schichtdicke erreicht einen Wert zwischen 10 und 50 Mikrometer, wobei von den eingelagerten Kunststoffteilchen, je nach der erstrebten Dämpfungswirkung, in der Schicht 10 bis 35 Volumprozent enthalten sind.

[0027] Die Oberfläche der Schicht ist so glatt, dass sie in den meisten Fällen keiner nachträglichen Bearbeitung mehr bedarf. Das so hergestellte und beschichtete Maschinenelement kann ohne weitere Bearbeitung eingebaut und in Betrieb genommen werden.

[0028] In Fig. 3 ist ein auf der zweiten Ausgleichswelle 3 drehfest angeordnetes Ausgleichsgewicht mit 15 bezeichnet. Zwischen dem Gehäuse 1 bzw. dem Lagerteil 7 des Gehäuses ist ein Spurlager 16 vorgesehen. Dazu ist am Ausgleichsgewicht 15 eine achsnormale Lagerfläche 17 vorgesehen und im Lager 7 eine Lagerbüchse 18 angebracht. Diese Lagerbüchse 18 hat einen Kragen 21, der eine erfindungsgemäße Beschichtung 22 trägt und so gemeinsam mit der Lagerfläche 17 das Spurlager 16 bildet. Die Beschichtung 22 ist wieder in der oben dargestellten Weise hergestellt. Dabei hängt es aber von den konstruktiven Gegebenheiten ab, ob eine Lagerbüchse 18 mit Beschichtung vorgesehen ist oder ob die Beschichtung am Lager 7 selbst oder gar an der Lagerfläche 17 des Ausgleichsgewichtes 15 angebracht ist. Ebenso hängt es von den Gegebenheiten und Erfordernissen ab, ob beide zusammenwirkende Maschinenelemente eine Beschichtung aufweisen oder nur eines.

[0029] Insgesamt werden durch die dämpfende Beschichtung und durch den Wegfall des Härteverzuges die an die Laufruhe gestellten Anforderungen erfüllt und das bei stark verringerten Herstellungskosten.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur schwingungsdämpfenden Oberflächenbehandlung eines schwach belasteten Maschinenelementes (4, 5; 16), bestehend aus den Schritten:
  - a) Mechanische Bearbeitung des Rohwerkstückes.
  - b) Beschichtung der Kontaktzonen mit einer Nickelschicht (11; 22) mit eingelagerten Teilchen eines schwingungsdämpfenden Nichtmetalles.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (11; 22) auf chemischem Wege aufgebracht wird, wobei dem die Nickelschicht bildenden Ausgangsmaterial Kunststoffteilchen beigelegt sind.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Nickel-Phosphor-Schicht mit einer Schichtdicke von 10 bis 50 Mikrometer aufgebracht wird und die Kunststoffteilchen einen Durchmesser von bis zu 5 Mikrometer haben.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Nickel-Phosphor-Schicht 4-10 Gewichtsprozent Phosphor enthält.
5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung in einem wässrigen Bad erfolgt, das enthält:

ein Nickelsulfat oder ein Nickelchlorid,  
ein Kobaltsulfat oder ein Kobaltchlorid,  
ein Eisensulfat oder ein Eisenchlorid,  
ein Reduktionsmittel.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Reduktionsmittel ein Alkali-Hypophosphit ist.

7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Reduktionsmittel eine Hydrazinlösung ist.

8. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass dem Bad Wasserstoffsuperoxyd zugefügt ist.

9. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Bad bzw das Maschinenelement in mechanische Schwingungen versetzt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Kunststoffteilchen aus dem Polymerisat einer organischen Verbindung bestehen und eine Größe von max 10 Mikrometer haben.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Kunststoffteilchen aus dem Polymerisat eines Fluorkohlenwasserstoffes bestehen.

12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Kunststoffteilchen 10 bis 35 Volums-prozent der Beschichtung ausmachen.

13. Maschinenelement (4, 5; 18) einer Ausgleichswel-leneinheit für Kolbenkraftmaschinen, dadurch gekennzeichnet, dass es nicht gehärtet ist und seine Kontakt-zonen mit einer äusseren Nickel-Phosphorschicht (11; 22) mit eingelagerten Kunststoffteilchen versehen sind.

14. Maschinenelement nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Maschinenelement ein Zahnrad (4, 5) ist, das aus Gusseisen besteht.

15. Maschinenelement nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Zahnrad (4, 5) aus Sphäroguss besteht.

16. Maschinenelement nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass es Teil (18) eines Spurlagers (16) der Ausgleichswelleneinheit ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

BEST AVAILABLE COPY

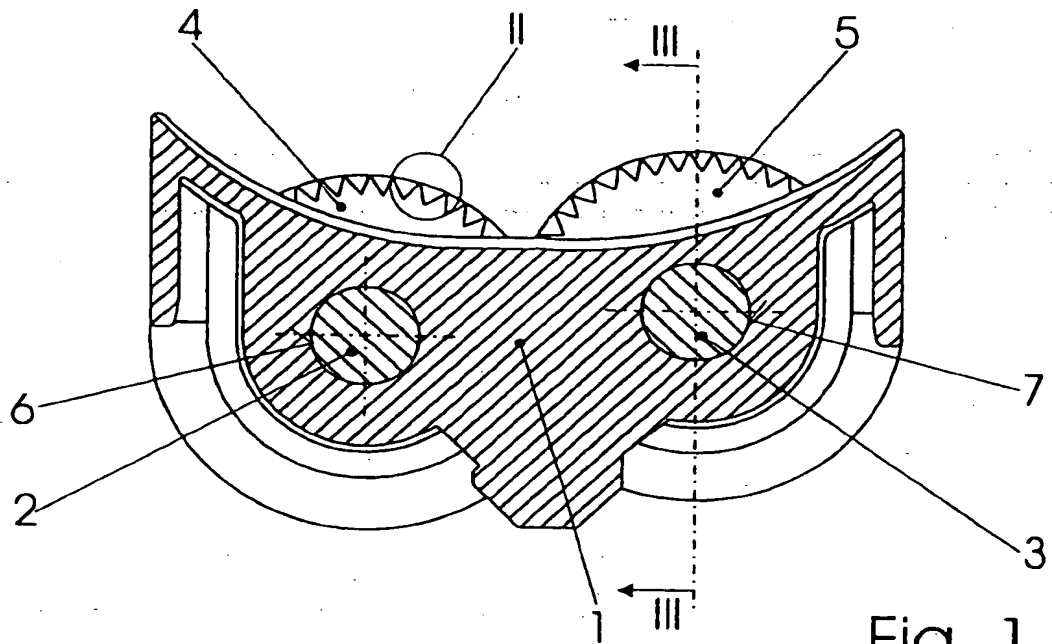


Fig. 1

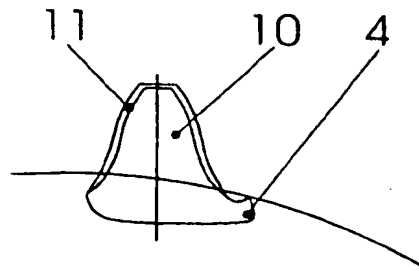


Fig. 2

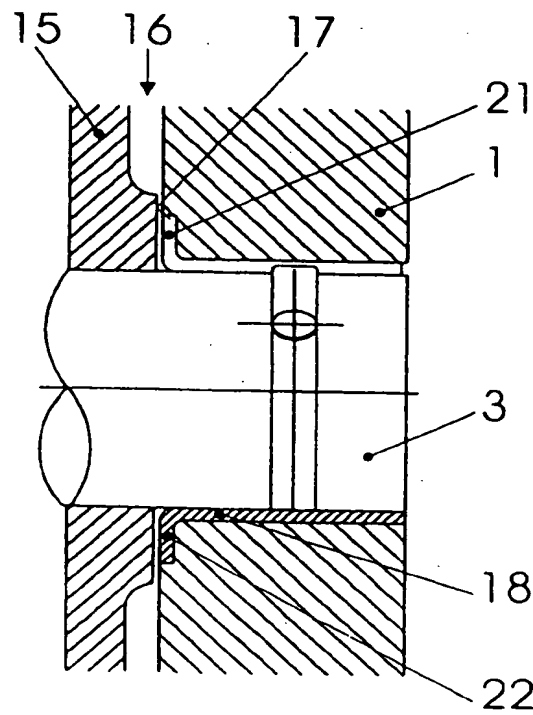


Fig. 3